

内視鏡装置

This Application claim benefit of Japanese Patent Application No.Heisei11-247588 filed in Japan on September 1, 1999, the contents of which are incorporated by this reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the invention:

本発明は、複数の視点から得られる画像信号を基に、被検体の所望する切断位置における断面形状の客観的な判断を可能にする内視鏡装置に関する。

Related Art Statement

近年、医療分野及び工業分野において、内視鏡が広く用いられるようになった。通常の内視鏡による観察像では、一般に対象物は平面的なものとなり、凹凸等を認識しにくい。

このため、例えば、日本国特許出願公告平成8-12332号公報には、複数の視点からの画像を得て3次元計測を行う計測内視鏡装置が示されている。また、日本国特許公報第2778739号には、基準平面と計測点を指定することで基準平面から計測点までの距離を表示し、対象物の凹凸の高さ又は深さを客観的に認識できる計測用内視鏡装置が示されている。

従来の計測用内視鏡装置では、基準画像上で指定した点の3次元座標や、2点間の距離、或いは設定した平面からの深さ等の計測を行うことができた。

しかしながら、従来の計測用内視鏡装置では、観察対象における3次元形状を知るために、多数の点を指定し、その各点から得られる3次元座標を元に形状を推測していたため、観察対象の3次元形状を直感的に把握することが難しいという問題があった。

また、従来の計測用内視鏡装置では、画像情報から撮像範囲全体の3次元情報を得て3次元モデルを作成する方法もあるが、3次元モデルを作成するためにはコンピュータによる演算処理に多大な時間がかかり、実用的ではないという問題があった。

したがって、被検体、例えばパイプ内部の腐食部の深さ測定を行う際、最も深い場所を特定するまでに多くの検査時間を要していた。

OBJECT AND SUMMARY OF THE INVENTION

本発明の目的は、表示されている基準画像に所望する切断面を指定することによって、観察者の所望する切断面の断面情報が得られるようにした内視鏡装置を提供することにある。

要するに、本発明は、測定を希望する切断面の指定を容易に行え、かつその指定した切断面における観察対象の断面形状の把握を簡便に行える内視鏡装置を提供することを目的とする。

本発明の内視鏡装置は、観察対象を複数の視点から撮像する撮像部を備えて、この撮像部によって得られる各視点の画像信号を画像処理及び演算処理してステレオ計測する内視鏡装置であって、

前記複数の視点における画像の1つを基準画像とし、残りの画像を参照画像として、前記基準画像と前記参照画像それぞれの光学的歪みを補正した、補正基準画像と補正参照画像とを生成する補正画像生成手段と、前記基準画像と前記参照画像と前記補正基準画像と前記補正参照画像のうち、少なくとも前記基準画像或いは前記補正基準画像を画面上に表示させる画像表示手段と、前記画面に表示された画像上で、前記観察対象の断面情報を得るための切断位置を特定する切断基準線を指定する切断基準線指定手段と、この切断基準線上の点に対応する補正基準画像上の点を注目点とし、この注目点に対応する前記補正参照画像上の対応点を探索する対応点探索手段と、前記補正基準画像上における注目点の位置と、前記対応点探索手段で求めた前記補正参照画像上の対応点の位置とから、三角測量の原理で前記切断基準線上の各注目点に写像される空間上の点の3次元座標である、前記切断位置における前記観察対象の断面情報を得る断面情報演算手段と、この断面情報演算手段で得られた値を基に断面情報を出力する断面情報出力手段と、を具備している。

The above and other objects, features and advantages of the invention will become more clearly understood from the following description referring to the accompanying drawings.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

図 1 ないし図 15 は本発明の一実施形態に係り、

図 1 は、計測を行える内視鏡装置の概略構成を示す説明図、

図 2 は、内視鏡挿入部先端部に備えた撮像部と演算処理部を備えた計測装置とを説明する説明図、

図 3 は、内視鏡で観察対象部位を観察している状態を示す図、

図 4 は、ステレオ計測を説明するフローチャート、

図 5 は、基準画像表示手段によってモニタの画面上に表示される内視鏡画像及び切断基準線の 1 例を示す図、

図 6 は、切断面及び断面外形線を説明する図、

図 7 は、他の基準線の 1 例を説明する図、

図 8 は、断面情報を示す断面外形線の 1 例を示す図、

図 9 は、基準画像に対して表示した断面外形線の表示例を説明する図、

図 10 は、断面情報を示す際のカメラ座標系を説明する図、

図 11 は、断面情報を示す断面外形線の他の例を示す図、

図 12 は、断面情報を示す断面外形線の別の例を示す図、

図 13 は、断面情報を示す断面外形線のまた他の例を示す図、

図 14 は、対応点探索のアルゴリズムを説明するフローチャート、

図 15 は、対応点探索後に示されるモニタ画面を説明する図、

図 16 ないし図 22 は複数画像間での対応付けのあいまいさを減らす工夫を説明する図であり、

図 16 はモニタ画面上に表示される画像を説明する図、

図 17 は、基準線上での順序を利用して断面情報の精度を上げる方法を説明するフローチャート、

図 18 は、周囲の点の奥行き情報を利用して断面情報の精度を上げる方法を説明するフローチャート、

図 1 9 は、逆対応点の利用によって断面情報の精度を上げる方法を説明するフローチャート、

図 2 0 は、エピポーララインからのずれの大きさを利用して断面情報の精度を上げる方法を説明するフローチャート、

図 2 1 は、微分値を利用して断面情報の精度を上げる方法を説明するフローチャート、

図 2 2 は、注目点の周りに設定する小さな領域の形状を示す図、

図 2 3 は、1 点を指定して得られる基準線の 1 例を説明する図、

図 2 4 は、1 点を指定して得られる基準線の他の例を説明する図。

DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENTS

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

図 1 ないし図 1 5 は本発明の一実施形態に係り、図 1 は計測を行える内視鏡装置の概略構成を示す説明図、図 2 は内視鏡挿入部先端部に備えた撮像部と演算処理部を備えた計測装置とを説明する図、図 3 は内視鏡で観察対象部位を観察している状態を示す図、図 4 はステレオ計測を説明するフローチャート、図 5 は画像表示手段によってモニタの画面上に表示される内視鏡画像及び切断基準線の 1 例を示す図、図 6 は切断面及び断面外形線を説明する図、図 7 は他の基準線の 1 例を説明する図、図 8 は断面情報を示す断面外形線の 1 例を示す図、図 9 は基準画像に対して表示した断面外形線の表示例を説明する図、図 1 0 は断面情報を示す際のカメラ座標系を説明する図、図 1 1 は断面情報を示す断面外形線の他の例を示す図、図 1 2 は断面情報を示す断面外形線の別の例を示す図、図 1 3 は断面情報を示す断面外形線のまた他の例を示す図、図 1 4 は対応点探索のアルゴリズムを説明するフローチャート、図 1 5 は対応点探索後に示されるモニタ画面を説明する図である。

図 1 に示すように本実施形態の計測を行うための内視鏡装置 1 は、観察対象部位の観察像を後述する撮像素子上に結像させる撮像部を内視鏡に備えた電子内視鏡 2（以下内視鏡と記載する）と、この内視鏡 2 によって得られた観察像の画像信号に画像処理を施し、この画像処理した画像データを基に各種計測を行うため

の演算処理部を有する計測装置 3 とで主に構成されている。

なお、前記計測装置 3 には、観察対象に照明光を供給するための光源装置（不図示）が内蔵されており、観察対象部位の内視鏡画像はモニタ 30 の画面上に表示されるようになっている。

前記内視鏡 2 は、細長な挿入部 20 を有し、この挿入部 20 の基端部には把持部を兼ねる操作部 21 が配設されている。そして、この操作部 21 の側部からは前記計測装置 3 に着脱自在なコネクタ 22 を基端部に配設したユニバーサルコード 23 が延出している。

前記挿入部 20 は、先端側から順に後述する撮像光学系を内蔵した先端部 24 と、複数の湾曲駒を回動自在に接続して湾曲自在に形成された湾曲部 25 と、細長な柔軟部材で形成した可撓管部 26 とで構成されている。なお、符号 27 は前記湾曲部 25 を湾曲操作する操作ノブ 27 である。

図 2 に示すように前記先端部 24 には、一对の対物レンズ系 41, 42 と、この対物レンズ系 41, 42 を通して撮像面に結像した光学像を画像信号に光電変換する撮像素子 43 とから構成される撮像部 40 が配置されている。

前記対物レンズ系 41, 42 は、観察対象部位を複数の視点で撮像できるように構成したものであり、撮像素子 43 の撮像面上には、前記対物レンズ系 41, 42 を通過したそれぞれの光学像が結像する。つまり、本実施形態の内視鏡 2 はいわゆる視差を有するステレオ画像を得る立体視内視鏡である。

図 1 及び図 2 に示すように計測装置 3 は、前記撮像素子 43 で光電変換された画像信号を前記モニタ 30 に表示するためのビデオ信号に変換するカメラコントロールユニット（以下 CCU と略記する）31 と、この CCU 31 で生成されたビデオ信号をデジタル画像信号に変換するビデオキャプチャ回路 32 と、このビデオキャプチャ回路 32 で変換されたデジタル画像信号を基に計測のための演算を行う演算処理部であるホストコンピュータ 33 と、このホストコンピュータ 33 を介して計測装置 3 を操作するコンソール 34 とで主に構成されている。

図 3 に示すように計測装置 3 の光源装置で発生された照明光は、前記コネクタ 22、前記ユニバーサルケーブル 23、挿入部 20 内を挿通するライトガイドファイバ（不図示）を伝送されて照明窓 44 から観察対象部位 4 に向かって出射さ

れる。このことにより、前記計測装置 3 のモニタ 3 0 に観察対象部位 4 の内視鏡画像が表示される。

なお、本実施形態においては、前記コンソール 3 4 を計測装置本体 3 5 に対して別体とし、前記モニタ 3 0 を計測装置本体 3 5 に対して一体としているが、用途によってそれぞれ計測装置本体 3 5 に対して一体又は別体で構成される。

図 4 ないし図 2 4 を参照して、上述のように構成した内視鏡装置 1 を用いてステレオ計測を行う際の動作及び作用を説明する。

例えば、内視鏡 2 の挿入部 2 0 をパイプ管内に挿入し腐食部や傷の観察を開始する。

すると、まず図 4 のフローチャートのステップ S 1 0 1 に示すように、照明光によって照らされた観察対象部位 4 の観察像が前記対物レンズ系 4 1, 4 2 を通して撮像素子 4 3 の撮像面にそれぞれ結像する。この撮像素子 4 3 に結像して光電変換されたそれぞれの観察像の画像信号は、前記挿入部 2 0、操作部 2 1、ユニバーサルケーブル 2 3 内を挿通する図示しない信号線及びコネクタ 2 2 を介して計測装置 3 の CCU 3 1 に伝送される。

そして、CCU 3 1 に伝送された画像信号は、この CCU 3 1 でビデオ信号に生成された後、ビデオキャプチャ回路 3 2 に伝送されてデジタル画像信号に変換され、ステップ S 1 0 2 に示すようにこのデジタル映像信号をホストコンピュータ 3 3 に転送する一方、ステップ S 1 0 3 に示すようにモニタ 3 0 にビデオ信号を伝送して内視鏡観察画像をモニタ 3 0 の画面上に表示させる。

モニタ観察中に腐食部などを発見した場合には、腐食部の計測を行う。このとき、まず観察者は、前記コンソール 3 4 を操作してステレオ計測モードに切り換える。すると、ホストコンピュータ 3 3 内の画像表示手段によってモニタ 3 0 の画面上には、図 5 に示すように前記対物レンズ系 4 1, 4 2 でそれぞれとらえた観察像の内視鏡画像のうち例えば、一方の対物レンズ系 4 1 でとらえた画像を基準画像とし、他方の対物レンズ系 4 2 でとらえた画像を参照画像として、それぞれの計測用補正画像である補正基準画像 5 0 と補正参照画像 5 1 が、モニタ 3 0 上に分割して表示される。

なお、前記画像 5 0, 5 1 は、ステップ S 1 0 4 に示すように補正画像生成手

段によって、前記ホストコンピュータ 33 に取り込まれたデジタル画像信号を予め得られている前記撮像部 40 の歪補正係数等を元に歪補正を施した計測用補正画像として生成されている。そして、この計測用補正画像である補正基準画像 50 及び補正参照画像 51 で以下に述べる対応点探索等のステレオ計測が行われる。

計測を行うためまず、ステップ S105 に示すように、図 5 に示す基準画像 50 上に計測用の断面情報を得たい部分の切断位置を特定するための切断基準線を得るべく 2 点 A、B を、切断基準線指定手段を介して指定する。この作業は、観察者が前記コンソール 34 等を用いて、画面上に表示される矢印やカーソル等のポインターを移動操作して行う。

そして、観察者が点 A、B を指定することにより、この点 A と点 B とを結ぶ点線に示す直線が切断基準線（以下基準線と略記する）53、或いは点 A、B 間を結ぶ実線で示す線分が切断基準線分（以下基準線分と略記する）54 になる。この切断基準線 53 によって決まる切断面を図 6 を用いて説明する。観察対象 4 の像は、本来、倒立像として光学中心を挟んだ観察対象の反対側に結ぶが、図中では理解しやすいように補正基準画像 50 を正立像で観察対象 4 と光学中心 L との間に置いている。

なお、上述のように指定した基準線 53 とは別に、図 7 に示すように点 A と点 B との間にある点（本図においては中点）においてある角度（本図においては直交する直線）で交わる一点鎖線に示す直線をもうひとつの基準線である補助線 55 として設定するようにしてもよい。

観察者の意図する切断面 56 は、図中の前記補正基準画像 50 に対して直交する二点鎖線に示す平面となる。この切断面 56 は、基準線 53 と基準画像を撮像する光学系の光学中心 L とを含む平面として定義される。

そして、図中に示す点 A1、B1 が、前記補正基準画像 50 上の点 A、B の観察対象部位 4 の表面上への写像点になる。つまり、本実施形態における表示対象である断面外形線 57 は、観察対象部位 4 を視線方向から見たときの表面と、切断面 56 との共有線として定義される。

したがって、補正基準画像 50 には基準画像用光学系の光軸が点として投影さ

れ、その点が補正基準画像 50 の画像中心 O である。なお、符号 58 は光軸であり、図 6 中で画像中心 O と光学中心 L とを結ぶ一点鎖線として表している。

ステップ S 106 に示すように、前記切断面 56 に対する断面情報を得るため計測用補正画像である補正基準画像 50 上の基準線 53 (或いは基準線分 54) 上のすべての画素を注目点として設定することにより、ステップ S 107 では対応点探索手段によって前記注目点に対応する補正参照画像 51 上での画素である対応点の探索を行い、後述する対応点群 59 を描出する。この対応点探索のアルゴリズムについては後述する図 14 のフローチャート及び図 15 で説明する。

前記ステップ S 107 の対応点探索において対応点が見つかった場合はステップ S 108 に移行して、前記注目点の補正基準画像 50 上での位置と、前記対応点の補正参照画像 51 上での位置の差、つまり各注目点毎の視差を求め、ステップ S 109 に移行して、得られた視差と、事前に得られている各光学系の光学中心間の距離である基線長や各光学系の焦点距離、各光学系の光軸の計測用補正画像への写像点の座標等の光学データを基に、断面情報演算手段によって注目点の写像されている空間上の点の 3 次元座標を計算する。

このステップ S 109 で前記基準線 53 上のすべての画素に対応する点の 3 次元座標を求めたなら、ステップ S 110 に移行して各点の 3 次元座標を基に切断面 56 の断面情報を以下に示す 4 通りの中から観察者の所望するように構成し、ステップ S 111 に移行し、断面情報出力手段によって観察対象の切断面の形状を容易に把握できる断面情報を断面形状外形線図としてモニタ 30 の画面上に表示させる。なお、前記断面形状外形線図をモニタ 30 の画面上への表示方法としては、断面形状外形線図だけを画面内の補正参照画像 51 の代わりに表示させたり、或いは画面上にさらに別ウィンドウを表示させてこのウィンドウに表示させる場合等又は、補正基準画像 50 に重ね合わせて表示する方法等がある。

ここで、前記断面情報及び対応点探索のアルゴリズムについて説明する。

まず、断面情報について説明する。この断面情報については以下の 4 通りの表示方法がある。

(1) 切断面上での断面情報を直接に表示：

断面情報を図 8 に示す断面形状外形線 57 a として表示するものであり、図中

縦軸は基準線分 5 4 或いは基準線 5 3 の切断面 5 6 への正射影、横軸は光軸 5 8 の切断面 5 6 への正射影であり、この場合に断面形状外形線図が直線的に得られる。

この断面形状外形線 5 7 a を、計測中にモニタ 3 0 の画面上に表示させるためには、モニタ上に別ウィンドウを開いてそのウィンドウに前記断面形状外形線 5 7 a を表示させる場合と、図 9 に示すようにモニタ 3 0 に表示されている基準画像 5 0 に対して断面形状外形線 5 7 a 重ね合わせて表示させる場合とがある。なお、重ね合わせて表示させる場合には、凹凸を知る手がかりとして、視線方向を示すマークとなる矢印 C 等を表示させる。

(2) 断面情報を空間上の平面へ投影して表示：

図 1 0 に示すように前記基準画像 5 0 を撮像する光学系の前記光学中心 L を原点とし、前記観察対象表面 5 2 に向かって水平方向右向きを x 軸、垂直方向上向きを y 軸、奥行き方向を z 軸に取ったカメラ座標系を形成し、図 1 1 (a) に示す (x - z) 平面又は図 1 1 (b) に示す (y - z) 平面に投影して断面形状外形線 5 7 b, 5 7 c を表示する。この表示においては、通常の図面で用いられているものと同じ投影方法を選択できるので、図面における投影方法に慣れ親しんだ観察者にとっては形状把握を容易に行えるという利点がある。なお、用途によって任意の座標軸、任意の投影面を設定するようにしてもよい。

(3) 断面情報を疑似 3 次元にて表示：

図 1 2 に示すように実空間内に内視鏡 2 からの視点とは別の視点を新たに設定し、その設定した別視点から見た断面形状外形線 5 7 d を表示する。図中に示す円筒形状図は内視鏡 2 の空間上配置位置を参考として示すものである。また、視点の位置を 3 次元的に示す画像を別画面で同時に表示させることもできる。この表示方法では、視点を順次移動させて見え方の変化を追うことで、観察対象の 3 次元形状を直感的に把握できる。

(4) 実空間上の基準線からの奥行き情報を抽出しての表示

図 8、図 1 3 に示すように基準線分 5 4 或いは基準線 5 4 上の点 D を、観察対象 4 の表面上に写像した点 D 1 と、点 A、B の実空間への写像点である点 A 1、B 1 を結んだ直線 A 1 B 1 上に写像した点 D 2 との距離を、補正基準画像 5 0

上で基準線分 5 4 に対して垂直方向に表す。点 D を基準線分 5 4 或いは基準線 5 3 上のすべての点とすることで、断面形状外形線 5 7 e を表示する。なお、この表示方法においても前記 (1) での説明と同様、凹凸を知る手掛かりとして、視線の方向を示す矢印 C を表示する。なお、手掛かりとして断面外形線 5 7 e に線分 D 1 D 2 の長さに応じた色をつけるようにも設定してもよい。

この表示方法では、奥行き差が非常に大きい画像においても結果をコンパクトに表示することができる。

次に、前記対応点探索のアルゴリズムを説明する。

対応点の探索は、すべて計測用補正画像上で行う。対応点の探索は、テンプレートマッチング或いはウィンドウマッチングとして知られ、注目点の周囲にある点の情報を助けに対応点を探索するアルゴリズムを用いる。

補正基準画像 5 0 に対して点として投影される空間上の直線は、補正参照画像 5 1 上では直線として投影される。この直線をエピポーララインと呼ぶ。補正基準画像 5 0 上の注目点に対する補正参照画像 5 1 上の対応点は、理論上前記エピポーライン上にしか存在しない。したがって、対応点の探索は、誤差を見込んでエピポーララインとその上下数ピクセルの範囲で行えば良い。よって、探索の手順は図 1 4 に示すフローチャートのようにになる。

まず、ステップ S 1 0 7 で示した対応点の探索が開始されると、ステップ S 2 0 1 に示すように注目点の周囲に領域 P 1 を設定する。そして、ステップ S 2 0 2 に移行して注目点に対応するエピポーララインを計算し、ステップ S 2 0 3 でこのエピポーララインの上下数ピクセルの範囲内の点に対応点の候補点として抽出する。

次に、ステップ S 2 0 4 に移行して前記候補点の周りに前記注目点に設定した領域 P 1 と同じ大きさの領域 P 2 を設定し、ステップ S 2 0 5 に示すように注目点の領域 P 1 と各対応点の候補点の周りの領域 P 2 との濃度値の正規化相互相関或いは、差の自乗和等を計算して対応度を求め、ステップ S 2 0 6, S 2 0 7 に示すようにすべての候補点の対応度を計算し、その結果をすべての候補点について保存する。すべての候補点についての対応度の保存が済んだなら、ステップ S 2 0 8, S 2 0 9 に示すように最も高い対応度である候補点を注目点に対す

る対応点として座標を保存する。そして、ステップS 2 1 0に示すようにすべての注目点に対する対応点を求めたなら対応点探索を終了してステップS 1 0 8に移行する。

この対応点探索を行うことによって、図1 4に示すように補正基準画像5 0の基準線分5 4の各注目点に対応する各対応点を描出し、すべての対応点探索を行うことによって対応点の集合である対応点群5 9が補正参照画像5 1上に表示される。

このように、観察中、ステレオ計測モードに変換して、モニタ画面上に表示されている基準画像上に2点を指定することによって、容易に観察者が観察を行いたいと思う部分が位置するように切断基準線を形成することができる。

また、観察者によって指定された切断基準線の断面情報が、観察者の所望する断面形状外形線図としてモニタ画面上に表示させることによって、容易に断面形状の把握を行える。

これらのことによって、観察中に腐食部などを発見した場合、手際良く、観察部の指定を行えるととともに、指定した観察部の断面形状の把握を直感的に行つて短時間での観察を可能にする。

なお、対応点の探索範囲を切断基準線上ではなく切断基準線分上に限定することによって更に結果を得るまでの時間の短縮を行える。

また、本実施形態においては対応点探索を基準線5 3又は基準線分5 4上のすべての注目点に対して行っているが、基準画像5 0と参照画像5 1との対応付けには本質的にあいまいさがある。このため、例えば周囲に濃度差のない点や、基準画像では見えていて参照画像では見えていない、或いはその逆の領域であるオクルージョン領域内の点、或いはオクルージョン領域に隣接する点においては正確な対応付けが困難になる。

そして、この結果、誤った点を対応点としてしまうおそれがあり、誤った点を対応点とすることによって、表示される対応点群5 9の位置情報にノイズが載ることになり、場合によっては観察対象の形状の判断を誤らせることになる。

そこで、以下に示す複数の工夫によって、対応を誤りやすい点の排除、或いは対応精度を上げて、得られる断面情報精度を上げられる。

以下、複数画像間での対応付けのあいまいさを減らす工夫を説明する。

(1) 基準線上での順序を利用して断面情報の精度を上げる方法を図16及び図17のフローチャートを参照して説明する。

図16及び図17のフローチャートに示す如く、ステップS301に示すように基準線53上に並んでいる全注目点の並び順序を求める。この順序は、基準画像を撮像する光学系の光学中心と、参照画像を撮像する光学系の光学中心とを結ぶ直線である基線と直行し、撮像面と平行な軸へ射影した場合にも本来変化しない。そして、これは基準画像50の画像中心Oに対応するエピポーライン61に直行する参照画像51上の軸62へ射影した場合と同値である。

よって、ステップS302に示すように全注目点に対応する全対応点の前記軸62への射影点を求める一方、ステップS303に移行してその軸62上における射影点の並び順序を求める。

そして、ステップS304, S305, S306に示すように注目点の並び順序と対応点の射影点の並び順序とが矛盾するか否かを確認して、並び順序が矛盾する点については対応付けに失敗した点として注目点から除外する一方、並び順序の一致する点については対応点に対する注目点として採用する。つまり、例えば、基準線上でa、b、c、d、eの順で並んでいた注目点について、その対応点の射影点が軸62上でa、b、d、c、eの順で並んだ場合には、点d、cに相当する注目点を、並び順に矛盾が生じていることから排除する。

なお、この処理は、前記図4に示したフローチャートのステップS106とステップS107との間で行い、ステップS107以降の処理は採用された点についてのみ計算を行う。

(2) 周囲の点の奥行き情報を利用して断面情報の精度を上げる方法を図18のフローチャートを参照して説明する。

まず、前記ステップS106に示した注目点抽出の範囲を注目点に隣接する画素にまで広げる。つまり、図18のステップS401に示すように基準線53上の注目点とその周りの8点の合計9点について対応付けを行う。

そして、ステップS402, 403に示すように9点の奥行き値の中で、中央の値である3つの値（最大3値と最小3値とを除いた値）の平均を注目点の奥行

き値として処理する。この処理が一種のローパスフィルタとなる。この処理は、前記図4に示したフローチャートのステップS109とステップS110との間で行う。

(3) 逆対応点の利用によって断面情報の精度を上げる方法を図19のフローチャートを参照して説明する。

前記ステップS107において、補正基準画像50のある注目点の対応点を補正参照画像51でとった後、図19のステップS501に示すように、その対応を取った点について前記図14で示したフローチャートにしたがって、逆に補正参照画像51から補正基準画像50への逆対応点をとっていく。

そして、ステップS502, S503, S504, S505に示すように逆対応点が元の注目点に対して対応するか否かを確認して、対応する点がなかった点を対応付けに失敗した点として注目点から除き、一致する点を注目点として採用する処理を行う。この処理は、前記図4に示したステップS107とステップS108との間で行い、ステップS108以降の処理は採用した点についてのみ計算を行う。

(4) エピポーララインからのずれの大きさを利用して断面情報の精度を上げる方法を図20のフローチャートを参照して説明する。

対応付けの結果で決まる補正参照画像51上の対応点のエピポーララインからのずれは、一定の傾向をもつはずである。このことを利用して、図20のステップS601に示すように全ての対応点についてのずれ量を求める。そして、ステップS602に示すように求めたずれ量を統計処理し、ステップS603に示すようにこの処理結果からずれの傾向を求めるとともにずれ量を許容する閾値を決める。

この後、ステップS604, S605, S606, S607に示すようにずれ量の閾値から外れたものについては対応付けに失敗した点として注目点から除外し、ずれ量の閾値以下の点を注目点として採用する処理を行う。この処理は、前記図4に示したステップS107とステップS108との間で行い、ステップS108以降の処理は採用した点についてのみ計算を行う。

(5) 微分値を利用して断面情報の精度を上げる方法を図21のフローチャート

を参照して説明する。

対応付けは、注目点の周囲に濃度変化があるところでは取り易く、濃度変化のないところでは取り難い。従って、濃度変化のあるところだけを注目点に選ぶことによって、対応付けのあいまいさを少なくできる。

このため、図 2 1 のステップ S 7 0 1 に示すように注目点で微分フィルタをかけて濃度変化の値を求める。

そして、ステップ S 7 0 2, S 7 0 3, S 7 0 4, S 7 0 5 に示すように濃度変化の値が閾値以上である否かを判断して濃度変化の有無を検出し、閾値以下のとき注目点から除外し、閾値以上のとき注目点として採用する。即ち、濃度変化があると判断した画素についてのみ対応点の探索を行う。この処理は、前記図 4 に示したステップ S 1 0 6 とステップ S 1 0 7 との間で行い、ステップ S 1 0 7 以降の処理は採用した点についてのみ計算を行う。

(6) 注目点の周りに設定する領域の形状を調節して断面情報の精度を上げる方法を説明する。

注目点がオクルージョン領域に隣接している場合には、注目点の周りに設定する探索用の領域内にオクルージョン領域が入ってしまうことにより対応付けがあいまいになる。そこで、注目点が探索領域の縁部に位置するようにした小さな領域を併用して探索を行い、一番高い対応度を出した領域による結果をその候補点の対応度とする。小さな領域の例としては図 2 2 の点線に示す境界線の右側に示すような領域であり、図中黒丸印が注目点を示す。そして、境界線の左側に示す領域は通常設定される領域である。

上述した 6 つの方法を、単独或いは任意の 2 つ以上を組み合わせることで断面情報を得ることによって、得られる断面情報の精度が高精度になる。

また、上述したように 2 点を指定して断面情報を得る代わりに、図 2 3 及び図 2 4 に示すように補正基準画面 5 0 A 上の 1 点だけを単独の基準点 7 1 として指定することにより、その基準点 7 1 を通る直線を基準線として断面情報を得るようにしてもよい。

なお、前記基準線としては以下のものが設定可能である。

(1) 指定された基準点 7 1 を通り、モニタ 3 0 の画面水平方向に対して平行な

図 2 3 に示す直線 7 2。

(2) 指定された基準点 7 1 を通り、モニタ 3 0 の画面垂直方向に対して平行な図 2 3 に示す直線 7 3。

(3) 指定された基準点 7 1 を通り、モニタ 3 0 の画面水平方向及び画面垂直方向に対して平行な図 2 3 に示す直線 7 2, 7 3。

(4) 指定された基準点 7 1 を通り、前記 2 直線 7 2, 7 3 に対してそれぞれ任意の角度で交わる図 2 4 に示す直線 7 4。

このように、1 点を指定することによって基準線が決まることにより、より操作を簡便にすることができ、断面形状を知りたい場所を直接的に指定することができる。

なお、本実施形態においては 2 つの画像を用いた例を示したが、画像は 3 つ以上であっても同様に断面表示を行える。

また、第 2 実施形態として、ステレオ計測モードに切り替えたときに表示される画像を、前記補正基準画像 5 0 及び前記補正参照画像 5 1 代わりに補正前の基準画像と参照画像として、基準線の指定を基準画像上で行うようにしてもよい。これにより、計測用補正画像生成の処理を簡略化できるため、ステレオ計測モードに切り替える際にかかる時間を大幅に短縮することができる。なお、その他の作用・効果は前記第 1 実施形態と同様である。

Having described the preferred embodiments of the invention referring to the accompanying drawings, it should be understood that the present invention is not limited to those precise embodiments and various changes and modifications thereof could be made by one skilled in the art without departing from the spirit or scope of the invention as defined in the appended claims.